

【論文】

**アルミニウム製鍋における水、酢酸および沸騰処理溶液中の15種微量元素濃度
— 誘導結合プラズマ-質量分析計 (ICP-MS) を用いた多元素定量分析 —**

間中友美, 後藤政幸, 加納克己

**The concentrations of fifteen trace elements in eluate obtained from water,
acetic acid and boil treatments in aluminum cookware using ICP-MS**

Yumi MANAKA, Masayuki GOTOH and Katsumi KANO

The effect of elution of trace elements with water, acetic acid and boil treatments from aluminum cookware was investigated. Water samples in an aluminum cookware were subjected to three treatments and the concentrations of fifteen trace elements (B, Al, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Se, Mo, Cd, Sb, Pb and U) were simultaneously analyzed by inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS).

The following results were observed: Fifteen elements were detected in most samples from each treatment. The concentrations of Al which was the main material of the aluminum cookware in each sample were remarkably high. Mn, Ni and Zn were materials contained in the aluminum base alloy. The concentrations of these minerals in each sample were high. Al, Mn, Ni and Zn in water samples of 2 h-boiling with acetic acid treatment were highest, and the concentrations of four elements in the samples of 24h-settling with acetic acid at 20°C treatment were higher than the case of 24h-settling with the water treatment, respectively.

The safety level concentrations for enamel cookware are standardized at Pb (400 μ g/L) and Cd (70 μ g/L). In this study using aluminum cookware, Pb and Cd concentrations in all treatment samples were below the standard levels for enamel cookware.

キーワード：アルミニウム製鍋、ICP-MS、微量元素、元素溶出

I. 緒言

わが国の「器具および容器包装の規格基準」はガラス製、陶磁器製、ホウロウ引き器具について鉛とカドミウムの溶出基準が設定されている¹⁾。現在、食器および調理器具のうち陶磁器製品、プラスチック製品、ホウロウ引き器具、ガラス製器具、金属製器具などから溶出する鉛、カドミウム、ヒ素などの重金属を測定した報告は数多くみられる^{2~9)}。しかし、有害性が懸念される微量金属の溶出に関する報告は多くない^{10~13)}。

日常の調理において鍋を多用する。鍋は各種の材料で製造されているが、その代表的なものにアルミニウム、ステンレス、ホウロウ製のものがある。調理中にこれらの鍋から素材中に含有される多種の元素が溶出することが考えられる。

微量元素がヒトの健康に影響を与えることは多くの研究で明らかにされている^{14~18)}。そこで、本研究では家庭において日常一般的に広く使用されている代表的な調理器具であるアルミニウム製鍋について、水、酢酸および沸騰処理の条件下において溶出される15種微量元素：ホウ素 (B)、アルミニウム (Al)、クロム (Cr)、マンガン (Mn)、鉄 (Fe)、ニッケル (Ni)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn)、ヒ素 (As)、セレン (Se)、モリブデン (Mo)、カドミウム (Cd)、アンチモン (Sb)、鉛 (Pb) およびウラン (U) をICP-MS法により測定し、調理により微量元素が経口摂取される可能性についての基礎的検討を行った。その結果、若干の知見を得たので報告する。

II. 試料および実験方法

1. 試料

試料は市販のアルミニウム製鍋 (W社製アルミ深型雪平鍋、材料：アルミニウム合金、寸法：14cm、満水容量：1.3L、中国製) を用いた。同社製品5個を用いて研究を行った。5個の鍋それぞれについて、下記に記載の試験溶液を調整する前に食器用洗剤とスポンジを用いて表面の汚れを取り、水道水ですすいだ後、超純水で十分に洗浄し自然乾燥したものを溶出試験に用いた。

2. 試験溶液の調整

試験溶液は、衛生試験法の生活用品試験法「器具・容器包装および玩具試験法 セラミック製品の溶出試験」¹⁹⁾ および国際標準規格 (ISO6486) に準じて調整した。また、酸による影響を検討するための溶液は、pH5.0以下での接触を想定し食品疑似溶媒として全て4%酢酸を用いた。アルミニウム製鍋 (同社製品5個) について、下記のa、bおよびcの処理を行い試験溶液を調整した。

- a：鍋に832 mL (満水の2/3容積) の超純水を入れ、20℃で24時間放置した。
- b：鍋に832 mL (満水の2/3容積) の4%酢酸を入れ、20℃で24時間放置した。
- c：鍋に832 mL (満水の2/3容積) の4%酢酸を入れ、ガスコンロを用いて加熱し、わずかな沸騰を2時間持続した。

なお、aおよびb処理時の20℃・24時間放置は、恒温室 (conviron社製PGV36) を使用した。この時、

空中浮遊の粉塵による影響を排除するため、鍋にラップ（ポリ塩化ビニリデンフィルム）をかけて放置した。また、cは加熱途中蒸発により液量が減少するため、あらかじめ加熱しておいた4%酢酸を初期の液量になるまで追加し沸騰を持続させた。

調整された全ての試験溶液は500mL広口瓶（材質はポリプロピレン；PP容器）に採取し、4℃で冷蔵保存後、測定時に室温に戻し用いた。

PP容器など分析に使用した全てのプラスチック製器具（PP製メスフラスコやフッ素樹脂PTFE製ビーカー他）は、精密洗浄用超高純度洗浄液（多摩化学工業製TMS-Cを30倍希釈）入り容器に1日浸し超純水洗浄を3回行った。さらに1N硝酸（関東化学製UGR）水槽に2日間浸し、超純水洗浄で3回洗浄、超純水を満たした密閉容器に2日間以上浸漬した。使用直前に超純水洗浄を行い、微量濃度元素による汚染を防ぐよう留意した。超純水製造装置はオルガノ製PURELAB Ultraを使用した。超純水水質はTOC<2μgC/Lであった。

3. 内標準溶液、15種元素・金属標準溶液およびMSチューニング液

1) 内標準溶液：ベリリウム（Be関東化学製原子吸光分析用）、コバルト（Co関東化学製化学分析用）、テルル（Te関東化学製原子吸光分析用）、ロジウム（Rh関東化学製原子吸光分析用）およびタリウム（Tl関東化学製化学分析用）各1000mg/L標準品を希釈して、50mL PP容器にBe、Co、Te、RhおよびTl各100μg/L（1%高純度硝酸溶液；500μL多摩化学工業製超高純度分析用試薬硝酸に超純水を加えて50mLにする）混合内標準溶液を作成した。

2) 15種元素標準溶液：SPEX製XSTC-760A（15種元素標準品）を使用した。本標準品は、Feは30mg/L、B・Al・Cu・Znは10mg/L、Moは7mg/L、Cr・Mnは5mg/L、Ni・As・Se・Cd・Pbは1mg/L、Sb・Uは0.2mg/Lである。本液を希釈して下に示す検量線標準溶液（Std 0、1、2、3）を作成した。Std 0は50mL PP容器に超純水約10mLと高純度硝酸500μLを加え超純水で50mLに定容した。Std 1、2および3は、50mL PP容器に超純水約10mL、高純度硝酸500μL およびSPEX製XSTC-760Aを20μL、100μLおよび500μL加え超純水で50mLに定容し、作成した。

試料名	Std 0	Std 1	Std 2	Std 3
Fe	0	12	60	300
B, Al, Cu, Zn	0	4	20	100
Mo	0	2.8	14	70
Cr, Mn	0	2	10	50
Ni, As, Se, Cd, Pb	0	0.4	2	10
Sb, U	0	0.08	0.4	2

(単位：μg/L)

3) MSチューニング液：リチウム（Li関東化学製化学分析用）、インジウム（In関東化学製原子吸光分析用）およびビスマス（Bi関東化学製化学分析用）各1000mg/L標準品を希釈して、50mL PP容器にLi、InおよびBi各10μg/L（1%高純度硝酸溶液）混合溶液を作成した。チューニング液の保存は2週間以内とした。また、本溶液作成時に使用したマイクロピペッターチップは高純度硝酸および超純水で十分に洗浄した。

4. 分析装置および条件

試験溶液中15元素は誘導結合プラズマ質量分析計（ICP-MS）を用いて分析した。ICP-MS分析の装置

および条件を以下に示す。

ICP-MS装置は高周波質量分析装置（島津製ICPM-8500）、ICP用自動希釈装置（島津製ADU-1）、オートサンプラー（島津製AS-9）、冷却水循環装置（EYELA製CA-2600）および循環恒温水槽（EYELA製NCB-1200）を使用した。

ICP-MS分析条件

高周波出力:1.2kW、クーラントガス流量（アルゴンガスAr）:7.0L/min、プラズマガス流量（Ar）:1.5L/min、キャリアガス流量（Ar）:0.60L/min、ネブライザ:コンセントリックネブライザ、試料吸引量:0.5mL/min、チェンバ:冷却式スコット型チェンバ（2℃冷却）、プラズマトーチ:3重管ミニトーチ、サンプリング深さ:4.0mm、サンプリングインターフェース部:銅製。

試料中の15元素の定性・定量は上記の5種元素混合内標準溶液および15種元素混合標準溶液による検量線法で行った。15種元素に対応する内標準物質（定量測定質量数）は、それぞれ、BはBe（11）、AlはCo（27）、CrはCo（52）、MnはCo（55）、FeはCo（54）、NiはCo（58）、CuはCo（63）、ZnはCo（64）、AsはTe（75）、SeはTe（82）、MoはRh（98）、CdはRh（114）、SbはRh（121）、PbはTl（208）およびUはTl（238）である。また、定量モードは全てパルスモードで測定した。

Ⅲ. 結果

ICP-MS分析による15種元素の検量線は、検討した濃度範囲内において全て良好な直線性を得ることができた。また、上水試験方法・解説編の自己精度管理¹⁸⁾に従って求めた定量下限値は、それぞれ、Bは0.02μg/L、Alは0.02μg/L、Crは0.03μg/L、Mnは0.01μg/L、Feは0.6μg/L、Niは0.01μg/L、Cuは0.01μg/L、Znは0.003μg/L、Asは0.01μg/L、Seは0.1μg/L、Moは0.01μg/L、Cdは0.005μg/L、Sbは0.002μg/L、Pbは0.002μg/L およびUは0.0005μg/Lであった。以上のように、高感度を特徴としているICP-MS法により、試験溶液中に低濃度含有されている微量元素の一斉分析が可能であった。

本研究では、家庭において日常一般的に広く使用されている調理器具であるアルミニウム製鍋について、a 処理:超純水を入れ20℃で24時間放置、b 処理:4%酢酸を入れ20℃で24時間放置、c 処理:4%酢酸を入れ加熱を行い、沸騰を2時間持続の3処理により試験溶液の調整を行った。a、b および c 処理の試験溶液について15種元素濃度をICP-MS法で一斉分析し、微量元素濃度の変化を検討した。表1にアルミニウム製鍋における水（a）、酢酸（b）および沸騰（c）処理により得られた溶出液中の15種微量元素濃度の成績を示した。結果は多くの微量元素項目において、低濃度ではあるが検出されており、a 処理より b 処理の方が高濃度で溶出し、さらに b 処理より c 処理の方が高濃度で溶出する傾向がみられた。

15元素中、酢酸および沸騰処理により特に大きな濃度変化を示した4元素（Al、Mn、FeおよびNi）について、図1に示した。本研究で用いたアルミニウム製鍋の主原料であるAlについてはa 処理水中31μg/L、b 処理水中4000μg/L、c 処理水中970,000μg/Lといずれの処理条件においても他の元素項目に比べ最も高濃度で溶出していた。また、一般的にアルミニウム合金の原料として用いられているMn、Ni、Znについてもa、b および c それぞれの処理水中に溶出された。Mnはa 処理水中0.98μg/L、b 処理水中44μg/L、c 処理水中3300μg/Lであり、Alに次ぐ高濃度であった。NiとZn濃度についてはAlやMn濃度に比べると低値であったが、酸および沸騰処理により高濃度の溶出がみられた。その他、Feはa 処理水中には検出されなかったが、b 処理水中13μg/L、c 処理水中1700μg/Lであり、酸および沸騰処理により漸次溶出するこ

Table 1 The concentrations ($\mu\text{g/L}$) of fifteen trace elements in water samples from aluminum cookware subjected to three treatments (mean \pm SD, $n=5$)

Treatment	B	Al	Cr	Mn	Fe
a ultra-pure water, 24h-settling at 20°C	3.6 \pm 0.92	31 \pm 2.5	0.46 \pm 0.35	0.98 \pm 0.20	ND*
b 4% acetic acid, 24h-settling at 20°C	3.2 \pm 0.26	4000 \pm 500	ND*	44 \pm 8.7	13 \pm 3.3
c 4% acetic acid, 2h-boiling	13 \pm 2.1	970,000 \pm 80,000	10 \pm 1.6	3300 \pm 270	1700 \pm 350

Treatment	Ni	Cu	Zn	As	Se
a ultra-pure water, 24h-settling at 20°C	0.05 \pm 0.02	ND*	0.21 \pm 0.22	0.02 \pm 0	ND*
b 4% acetic acid, 24h-settling at 20°C	0.22 \pm 0.05	ND*	2.5 \pm 0.85	ND*	ND*
c 4% acetic acid, 2h-boiling	18 \pm 1.7	0.95 \pm 0.45	9.6 \pm 1.3	0.45 \pm 0.24	1.9 \pm 0.9

Treatment	Mo	Cd	Sb	Pb	U
a ultra-pure water, 24h-settling at 20°C	0.22 \pm 0.01	0.045 \pm 0.016	0.007 \pm 0.001	0.16 \pm 0.28	0.058 \pm 0.096
b 4% acetic acid, 24h-settling at 20°C	0.19 \pm 0	0.25 \pm 0.05	0.2 \pm 0.3	0.68 \pm 0.076	0.030 \pm 0.015
c 4% acetic acid, 2h-boiling	2.4 \pm 1	0.4 \pm 0.091	1.1 \pm 0.48	5.6 \pm 2	1.5 \pm 0.37

* ND: not detected

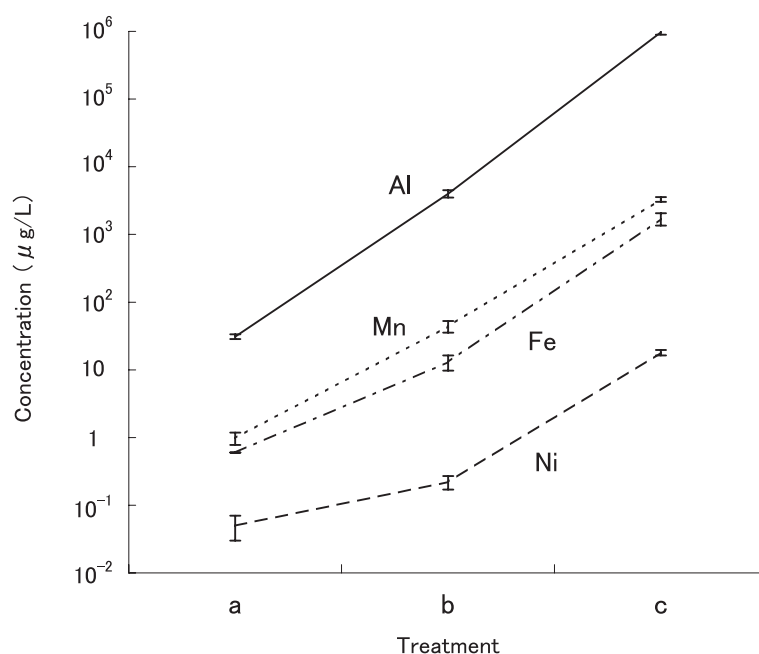


Fig. 1 The dissolution concerning four trace elements (Al, Mn, Fe, Ni) from aluminum cookware

Al: —, Mn: ----, Fe: ·····, Ni: - · - ·. Each point and horizontal bar indicate the mean \pm SD ($n=5$)

a: 24h-settling with ultra-pure water at 20°C

b: 24h-settling with 4% acetic acid at 20°C

c: 2h-boiling with 4% acetic acid

とがわかった。

わが国の「器具および容器包装の規格基準」(平成20年7月31日改正)¹⁾ではガラス製、陶磁器製、ホウロウ引き器具について鉛とカドミウムの溶出基準が設けられている。アルミニウム製器具については基準が設けられていないが、同様の金属製品であるホウロウ引きの規格基準は、4%酢酸溶出液中にCdが70 μ g/L以下、Pbが400 μ g/L以下とされている。本研究では4%酢酸溶液中においてCdが0.25 μ g/L、Pbが0.68 μ g/Lであり、これらの規格基準に対し1/280、1/590の濃度であった。さらに、最高値を示したc処理(Cd 0.4 μ g/L, Pb 5.6 μ g/L)においても当該基準値より低値であった。

その他の元素についてはアルミニウム鍋の一般的な原料ではなく、規格基準も設けられていないが、本研究では高感度を特徴としているICP-MS分析法を用いたことにより、低濃度ではあるが検出された。

IV. 考察

アルミニウム製鍋に水、4%酢酸および4%酢酸・沸騰処理を行い、その試験溶液中の15種微量元素濃度をICP-MS法で分析した。各試験溶液中に多種の微量元素が、低濃度ではあるが検出された。本研究で使用したICP-MSは元素の高感度分析を特徴としており、試験溶液中に極低濃度含有している微量元素が検出できた。Al, Mn, Fe, Ni, Zn, Cd, SbおよびPbについては、a処理よりb処理の方が高濃度であり、さらにb処理よりc処理の方が高濃度であったことから、当該微量元素の溶出は酸さらには加熱の影響を受けることが分かった。B, Cr, Cu, As, Se, MoおよびUについては、b処理からc処理への濃度変化のみが顕著であったため、特に加熱によって溶出されるものと思われた。

15種元素の内、酢酸および沸騰処理により特に大きな濃度変化を示した4元素(Al, Mn, FeおよびNi)について図1に示した。結果で述べたように、本研究においてAl濃度はa処理水中31 μ g/L、b処理水中4000 μ g/L、c処理水中970,000 μ g/Lであり、a処理水からb処理水の濃度変化は約130倍、b処理水からc処理水は約240倍であった。また他の元素と比較して極端に高値であり、主原料であるAlは酸および加熱によって高濃度に溶出することが分かった。Alは自然界でアルミノケイ酸塩として広く分布し、酸素、ケイ素について多く含まれており、金属または合金として家庭用品にも多く用いられている。人体には吸収されにくく99%はそのまま排泄され、体内には微量(総Alとして30~50mg)存在している^{18,20,21)}。また、現在までAlの必須性については証明されておらず欠乏症はないとされている。一方、過剰摂取により透析によるアルミニウム脳症骨症、ALS(筋萎縮性側索硬化症)、パーキンソン痴呆が起ることが知られている^{20,22)}。アルツハイマー病とAlの関係については過去10年程広く研究がなされてきたが、現在は関連づける証拠はないと結論されている^{20,23~25)}。食品を介してのAlの摂取量は一般に4~52mg/日と変動が大きいと述べられている²¹⁾。本研究において酢酸および加熱・沸騰処理による極端な濃度増加が認められており、このことがAl摂取量の大きな変動幅に影響する一要因となることも考えられる。JECFA(FAO/WHO合同食品添加物専門家委員会)では暫定的週間耐容摂取量を7mg/kg/週と設定している。日毎の摂取量は食事内容により変動するが、1日あたりに換算すると体重50kgの人で50mgとなる²⁰⁾。本研究結果においてc処理水中のAl濃度は970,000 μ g/Lと高濃度であり、本溶液を50mL飲用すると約50mgを摂取することになる。以上のことより、日常の食生活において、調理方法や食事の条件によっては暫定的週間耐容摂取量を超えてAlを摂取する可能性があると考えられる。また、ヒトにおけるAlの代謝は十分に解明されておらず、腎機能に障害のある者や、排泄機能が完成していない乳児では、体内にAlが蓄積する傾向

があるので注意が必要である^{18,20)}。松島ら¹²⁾はアルマイトボールとハウロウ引きボールについて、新品のものと溶出を反復したボールから溶出するAl濃度を測定しており、新品は反復溶出したボールより明らかに濃度が高かったと報告している。また、その報告の中で新品の調理器具は使用に先立ち食酢などを満たして2～3日間放置し、ある程度Alを溶出させた後に使用し、Alの摂取を低下させることが望ましいと述べている。さらには、長期の使用によって表面が侵されたり傷がつくことによりAlの溶出が増加することが考えられる。これらの事柄については、今後詳細な検討が必要である。

本研究で用いた鍋はAl合金製である。Al合金の一般的な材料としてAlの他にMn、NiおよびZnがある。本研究の結果では、Mnはa処理水中0.98 $\mu\text{g/L}$ 、b処理水中44 $\mu\text{g/L}$ 、c処理水中3300 $\mu\text{g/L}$ とAlにつぐ高濃度であり、それぞれの増加はa処理水からb処理水で約45倍、b処理水からc処理水で約75倍であった。このことから、Mnが合金の材料として使用されており、酸および加熱によって溶出されたと考えられる。また、Ni、ZnについてはAlやMnほど高濃度ではなかったが、酸および加熱による溶出がみられたため、合金の材料に含まれていたことが推察される。

FeについてはAl合金の一般的な材料ではないとされるが、本研究の結果ではc処理水中で1700 $\mu\text{g/L}$ と比較的高濃度で検出された。a処理水中には検出されなかったが、b処理水中13 $\mu\text{g/L}$ 検出され、酸および加熱による溶出量が比較的顕著であった。これは、材料に含有されていたFeが溶出した可能性を否定できない。Feは生物にとって必須の元素であり、ヒトの体内の総鉄量は25～75mgである²⁰⁾。また、摂取量に関しては性別・年齢・月経の有無により差はあるが、厚生労働省策定の日本人の食事摂取基準では推定平均必要量が4.0～9.5mg/日、推奨量が5.5～13.5mg/日である²⁶⁾。鉄欠乏症は世界的にみても最もよくみられる栄養問題^{27～29)}で、鉄の摂取がひとつの課題となっており、わが国でも鉄のサプリメントなども多く出回っている。本研究でアルミニウム製鍋から検出されたFe濃度は微量であったが、調理の過程で鉄製の調理器具を用いることで鉄の摂取を補う方法もある。Feのように必須で不足しがちな元素においては、調理器具からの溶出を適切に生かすことも重要であるかもしれない。

Al合金の主・副原料として使用されていないと考えられるその他の元素については、10 $\mu\text{g/L}$ 以下の低濃度で検出された。本研究では高感度を特徴としているICP-MSを用いたことにより、鍋の原料の不純物や汚れなどが試験溶液中に溶出したと推察される。これらの元素が原料の不純物によるものか外環境から付着した汚れによるものかについては、当該アルミニウム製鍋の原料の純度、製造工程、流通、販売における環境調査も含めた詳細な検討が必要であると考ええる。

わが国の「器具および容器包装の規格基準」（平成20年7月31日改正）¹⁾はガラス製、陶磁器製、ハウロウ引き器具についてPbとCdの溶出基準が設けられている。アルミニウム製器具と同類の金属製品であるハウロウ引き器具の規格基準のうち「容器を満たしたときにその深さが2.5cm以上である試料」の「容量が3L未満の加熱調理用器具」について規格基準値がある。アルミニウム製器具については基準が設けられていないため、本研究ではこの基準値と比較することとした。ハウロウ引き器具の規格基準値はCdが70 $\mu\text{g/L}$ 、Pbが400 $\mu\text{g/L}$ である。本研究では対応する試験条件での結果はCdが0.25 $\mu\text{g/L}$ 、Pbが0.68 $\mu\text{g/L}$ であり、それぞれの規格基準値の1/280、1/590の濃度であった。平成20年改正の「器具および容器包装の規格基準」は平成16年度および平成17年度の厚生労働科学研究の成果を踏まえ、国際標準化機関（ISO）の規格を参考に、CdおよびPbの溶出規格の強化を図ったものである^{1～3)}。Pbは錆び難く加工しやすい物質であるため、種々の工業製品に添加物、不純物として含まれている。ヒトへの健康影響としては血液中の鉛濃度の上昇により神経組織や腎臓に障害を与え、筋肉弛緩、胃腸障害、末梢神経障害などの慢性中毒症状がみられる^{30,31)}。Cdは1960年頃から富山県神通川流域で多発したイタイイタイ病の原因と

して注目されてきた^{32~35)}。自然水中にCdが含まれることはまれであるが、鉱山排水や工業排水からの土壌汚染によって食品に蓄積し、摂取することが考えられる¹⁸⁾。本研究において、各処理の試験溶液中のPbおよびCd濃度は極微量であり、ホウロウ引き器具の規格基準と比較しても低濃度であることから人体への影響については問題ないとする。しかし、両元素とも工業の現場で使用されていることが多いため工業製品中に含有する可能性が高く、また、体内への蓄積性が認められているため¹⁸⁾、食器具については製造過程での汚染や使用時の溶出が極力少なくなるよう留意する必要がある。

V. 結論

ICP-MS法を用いて、アルミニウム製鍋から水（a）、酢酸（b）および加熱（c）処理によって得られた溶出液中の15種微量元素（B・Al・Cr・Mn・Fe・Ni・Cu・Zn・As・Se・Mo・Cd・Sb・PbおよびU）濃度を測定した。その結果、各試験溶液に多種の微量元素が、低濃度ではあるものの検出された。Al, Mn, Fe, Ni, Zn, Cd, SbおよびPbについてはa処理水よりb処理水の方が高濃度であり、さらにb処理水よりもc処理水の方が高濃度であり、酸さらに加熱の影響を受けて溶出濃度が増加することが分かった。B, Cr, Cu, As, Se, MoおよびUについては、b処理水からc処理水への濃度変化のみが顕著であったため、加熱によって特に溶出される傾向が大きいことが判明した。

4元素（Al, Mn, FeおよびNi）については酢酸および加熱処理により特に大きな濃度変化を示した。本研究で用いたアルミニウム製鍋の主原料であるAlについては、いずれの条件においても他の元素項目に比べ最も高濃度で溶出した。また一般的にAl合金の原料として用いられているMn, NiおよびZnについてもそれぞれの条件において溶出され、酸および加熱による溶出増加が認められた。

わが国の「器具および容器包装の規格基準」（平成20年7月31日改正）ではホウロウ引き器具についてのPbとCdの溶出基準が設けられている。本研究はアルミニウム製鍋を研究材料としたが、これから得られたPbおよびCd濃度はホウロウ引き器具を対象にした基準値を下回っていた。

文 献

- 1) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長.食安発第0731001号「食品、添加物等の規格基準の一部改正について」。平成20年厚生労働省告示第416号
- 2) 河村葉子,高谷幸, 伊藤弘一他. 食品用器具・容器包装及び乳幼児用玩具の安全性確保に関する研究. 平成16年度厚生労働科学研究費補助金 総括・分担研究報告書. 2005, p.64-77
- 3) 河村葉子, 六鹿元雄, 小川正他. 食品用器具・容器包装及び乳幼児用玩具の安全性確保に関する研究. 平成17年度厚生労働科学研究費補助金 総括・分担研究報告書. 2006, p.56-67
- 4) Horiguchi,S ; Kurono,T ; Teramoto,K. Amounts of lead detected from household articles in elution tests. Osaka City Medical Journal. 1982, 28, p.49-58
- 5) Horiguchi,S ; Kurono,T ; Teramoto,K. Elution tests for metals on household articles in elution tests. Osaka City Medical Journal. 1983, 29, p.145-154
- 6) 石綿肇, 井上たき子, 山田隆他. 中国製クリスタルカットガラスからの鉛およびヒ素の溶出試験. 国

- 立衛生研究所報告. 1984, 102, p.140-141
- 7) 井上たき子, 石綿肇, 山田隆他. ガラス製器具からの鉛, カドミウム, ヒ素及びアルカリの溶出. 国立衛生研究所報告. 1984, 102, p.141-144
- 8) 吉田令子, 渡辺悠二, 佐藤慶一他. セラミック製食器から溶出する金属. 東京都立衛生研究所研究年報. 1984, 35, p.235-240
- 9) 石綿肇, 井上たき子, 山崎荘他. 国際標準化機構法による食器用器具および容器からの重金属の溶出. 国立衛生研究所報告. 1985, 103, p.154-157
- 10) 吉田香, 梅澤真紀子, 北村真理他. 食物中の微量元素量に影響を与える要因について. 生活衛生学雑誌. 2007, 51 (6), p.385-390
- 11) 大久保登, 加藤隆, 越田恭子. 環境中の金属に関する研究(第4報) ガスクロマトグラフ法によるステンレス製食器により溶出するクロムの挙動の検討. 衛生化学. 1983, 29, p.383-388
- 12) 松島文子, 飯塚舜介, 船川一彦. 食器および調理器具からのアルミニウム, シリコンの溶出. 日本衛生学雑誌. 1988, 43 (5), p.969-978
- 13) 松島文子, 飯塚舜介, 船川一彦. アルミニウム製調理器具からのアルミニウムの溶出に対する食塩, 酢酸およびクエン酸の影響. 日本衛生学雑誌. 1990, 45 (5), p.964-970
- 14) 後藤政幸. 微量元素欠乏症・過剰症. 臨床検査. 2009, 53 (2), p.181-183
- 15) Becaria A ; Campbell A ; Bondy SC. Aluminum as a toxicant. *Toxico Ind Health*. 2002, 18, p.309-320
- 16) Kawahara M. Effects of aluminum on the nervors system and its possible link with neurodegenerative diseases. *J Alzheimer Dis*. 2005, 8, 171-182
- 17) Cooke K ; Gould MH. The health effects of aluminium — A review. *J Roy Soc Health*. 1991, 111, p.163-168
- 18) 日本水道協会. 上水試験方法・解説編2001年版. 2001, p.5-14, 366-445
- 19) 日本薬学会. 衛生試験法・注解2005. 2005, p.727-751
- 20) 糸川嘉則. ミネラルの事典. 第2刷. 2004, p.220-230, 365-372
- 21) 櫻林郁之介, 熊坂一成. 最新 臨床検査項目事典. 2008, p.311-312
- 22) Alfray AC ; LeGendre GR ; Kaehny WD. The dialysis encephalopathy syndrome.Possible aluminum intoxication. *Engl J Med*. 1976, 294 (4), p.184-188
- 23) WHO. The International Programme on Chemical Safety. *Environmental Health Criteria No.194*. 1997, pp11-12
- 24) Marcus DL ; Wong S ; Freedman ML. Dietary aluminum and Alzheimer's disease. *J Nutr Elder*. 1992, 12 (2). p.55-61
- 25) Lindsay J ; Laurin D ; Verreault R. et al. Risk factor for Alzheimer's disease: a prospective analysis Canadian Study of Health and Aging. *Am J Epidemiol*. 2002, 156 (5), p.445-53
- 26) 厚生労働省策定. 日本人の食事摂取基準(2010年版). 2009, p.218-226
- 27) Wang YY ; Chen CM ; Wang FZ. et al. Effects of nutrient fortified complementary food supplements on anemia of infants and young children in poor rural of Gansu. *Biomed Environ Sci*. 2009, 22 (3), p.194-200
- 28) Mendez Estrada RO ; Pacheco B ; Noriega Verdugo H. et al. Prevalence of iron deficiency and iron

- deficiency anemia in pregnant adolescents from northwest Mexico, 2007-2008. Arch Latinoam Nutr. 2009, 59 (2), p.147-151
- 29) Haidar JA ; Pobocik RS. Iron deficiency anemia is not a rare problem among women of reproductive ages in Ethiopia: a community based cross sectional study. BMC Blood Disord. 2009, 9 (1), p.7
- 30) Hernberg S. Lead poisoning in historical perspective. Am J Ind Med. 2000, 38, p.244-54
- 31) Pearce JM. Burtin's line in lead poisoning. Eur Neurol. 2007, 57, p.118-9
- 32) Jing Ping LI ; Takashi AKIBA ; Fumiaki MARUMO. Long - term, Low - dose, Cadmium - induced nephropathy with renal osteopathy in ovariectomized rats. The Journal of Toxicological Sciences. 1997, 22 (3), p.185-198
- 33) Takashi Umemura. Experimental reproduction of itai-itai disease, a chronic cadmium poisoning of humans, in rats and monkeys. Japanese journal of veterinary research. 2000, 48 (1), p.15-28
- 34) Keiko Aoshima. Recent Advances in Studies of Itai-itai Disease. Japanese Journal of Toxicology and Environmental Health, 1997, 43 (6), pp.317-330
- 35) Umemura Tadashi ; Yumi Wako. Pathogenesis of Osteomalacia in Itai-itai Disease. Journal of Toxicologic Pathology. 2006, 19 (2), p.69-74

間中 友美 (和洋女子大学生生活科学系実験助手)

後藤 政幸 (和洋女子大学生生活科学系教授)

加納 克己 (和洋女子大学大学院総合生活研究科特任教授)

(2009年9月24日受付 2009年10月14日受理)